

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**AS MODERNAS BATERIAS PARA O SISTEMA ELÉTRICO PROVISÓRIO  
EM EMBARCAÇÕES**

**Por: Sâmara Carla Mercês do Amaral**

**Orientador**

**Prof. Osvaldo Pinheiro de Sousa e Silva**

**OSM – M.Sc. COPPE/UFRJ**

**Rio de Janeiro**

**2011**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**AS MODERNAS BATERIAS PARA O SISTEMA ELÉTRICO PROVISÓRIO  
EM EMBARCAÇÕES**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas (FOMQ) da Marinha Mercante.

Por: Sâmara Carla Mercês do Amaral.

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA****CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE - EFOMM****AVALIAÇÃO**

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## AGRADECIMENTOS

... a minha mãe, por ser meu exemplo e inspiração de todo dia, a minha avó, que me dá o máximo de carinho e atenção, a minha irmã, que sempre foi a minha maior companheira, ao meu pai, que me dá apoio em quase todas as minhas decisões, aos meus padrinhos, que me ensinaram a nunca desistir e enfrentar todos os obstáculos, ao meu namorado, Igor, por todo amor, paciência e auxílio, a minhas amigas e amigos da EFOMM, que nos momentos de discórdia e dificuldade me ajudam a prosseguir.

## DEDICATÓRIA

...dedico esse trabalho a minha mãe, minha avó, minha irmã, meu pai, meus tios e primos, meus padrinhos, meu namorado e minhas amigas e amigos.

## **RESUMO**

Este trabalho visa mostrar as inovações em baterias utilizadas em embarcações, enfatizando o seu sistema provisório (transitório) de alimentação elétrica.

Deve-se prestar atenção aos tipos de baterias existentes, tanto quanto ao material do qual são feitas, como a seus formatos. Dentre elas, quais são utilizadas a bordo e quais estão em desuso, além de vantagens e desvantagens de cada uma.

Mostra ainda idéias promissoras em relação ao processo de carga de baterias, em conjunto a modernizações do conjunto completo.

## **ABSTRACT**

This monographic work aims to show the innovation related to batteries which are used in embarkations, emphasizing its provisory (transitory) system of electrical charge.

However we should pay attention to the types of batteries that exist, as much as the substance they're made of and which ones are not used anymore, besides advantages and disadvantages of each one.

And, it shows yet, promissing ideas related to the charging process with modernizations of the hole system.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
1 - Sistema elétrico provisório	10
1.1 - Definição	10
1.2 - Composição	10
1.3 - Exemplo do arranjo das baterias em navio moderno	10
1.4 - Utilização a bordo	12
1.5 - Sistemas UPS	13
1.6 - Precauções a bordo	15
2 - Baterias	16
2.1 - Histórico	16
2.2 - Cronologia	17
2.3 - Definição	18
2.4 - Tipos de baterias	19
2.5 - Formatos de baterias	33
2.6 - Efeitos da temperatura na longevidade das baterias	35
2.7 - Precauções	35
2.8- As baterias a bordo	36
2.9 - As modernas baterias para embarcações	37
3 -Processo de carga e descarga de baterias	40
3.1 - Carga	40
3.2 - Descarga	41
3.3 - Tensões de carga e flutuação	42
4 - Inovações em fornecimento de energia para baterias	43
4.1 -Energia solar	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46



## INTRODUÇÃO

As baterias a bordo são utilizadas como acumuladores de energia elétrica. No caso do sistema provisório, elas devem ter a capacidade de suprir energia para algumas áreas da embarcação cujo funcionamento não deve ser paralisado mesmo em caso de avarias, ou seja, elas são responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica até que os geradores de emergência entrem em funcionamento.

O sistema provisório é também chamado de transitório, por ser a transição entre o sistema apagado e o sistema emergencial, normalmente um pouco mais demorado em ser ativado. Ele é responsável pelo suprimento de energia elétrica para equipamentos que, mesmo em caso de ‘apagão’, não podem deixar de funcionar. Ele possui uma quantidade de acumuladores tabelada e especificações regidas de acordo com a convenção SOLAS (Safety of Life at Sea).

Tais baterias variam quanto ao material, tamanho, capacidade e forma. Dentre eles podemos destacar as baterias chumbo-ácidas, de níquel metal hidreto, de íon-lítio, as não-recarregáveis e outras cujas vantagens e desvantagens assim como especificações e utilizações são detalhadas no Capítulo II.

As inovações em baterias imprimem a necessidade de inovação também em seu modo de carga e descarga. Tais processos são muito simples, mas sem o devido cuidado podem causar danos permanentes seja nas próprias baterias ou até mesmo em outros equipamentos.

A modernização no processo de carga de baterias por meio de energias renováveis e sem a utilização de energia provida de combustível fóssil já é uma realidade e mais projetos são elaborados a cada dia. Exemplos de navios que utilizam tal tipo de energia são mostrados no Capítulo IV para a melhor compreensão da linha de raciocínio das empresas em relação ao consumo e armazenamento de energia.

# CAPÍTULO I

## SISTEMA ELÉTRICO PROVISÓRIO

### 1.1- Definição

Tal sistema é também chamado de temporário ou transitório. Ele é composto pelo retificador juntamente com as baterias e os utilizadores, os quais trabalham com várias intensidades de tensões em função do sistema a ser alimentado. Ele é acionado em caso de falha da alimentação elétrica em alguns sistemas, previstos, cujos equipamentos não podem deixar de operar.

### 1.2- Composição

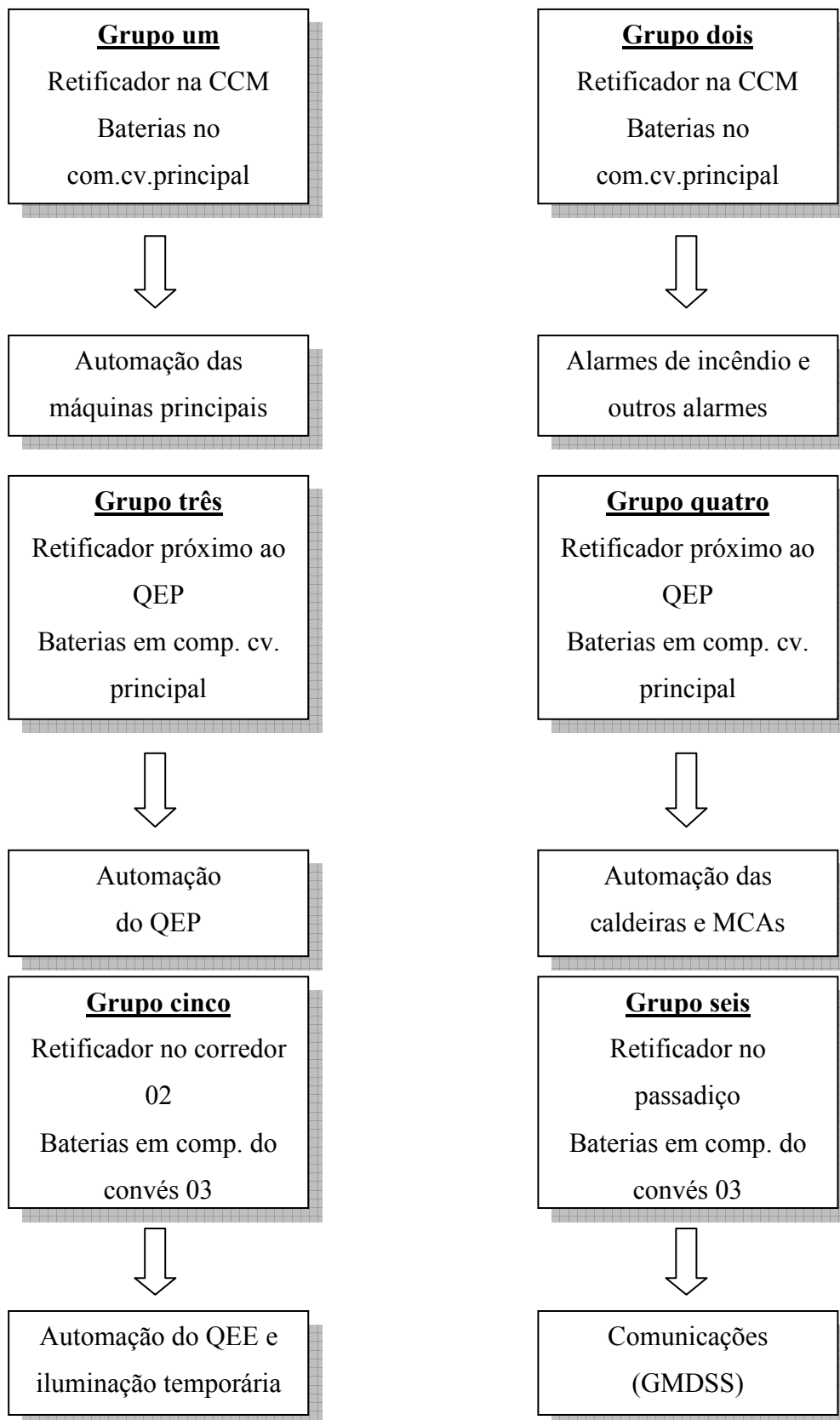
**Retificadores** - são também conhecidos como conversores e são responsáveis por manter as baterias do sistema em carga de flutuação, o que será melhor detalhado no capítulo 3, além do suprimento de todo o consumo dos utilizadores assim como os circuitos de automação e a iluminação temporária, dentre outros.

**Baterias** - utilizadas no sistema são comuns de 12 volts, e seus múltiplos, ácidas ou alcalinas, ou pertencem a um conjunto para o GMDSS (“Global Maritime Distress Safety System”), exigido pela própria convenção SOLAS (“Safety of life at sea”) na sua regra 13 do capítulo IV, parte C, que obriga a existência de uma fonte de 24 volts CC (tensão contínua), independente e dedicada. Logo, qualquer navio em classe precisa ter pelo menos dois grupos com retificadores e baterias.

### 1.3- Exemplo do arranjo das baterias em navio moderno

O sistema é constituído por seis grupos de baterias, sendo cada grupo independente e dedicado. Cada um desses grupos é constituído por seu próprio quadro retificador – carregador (alimentado pelo Quadro Elétrico de Emergência - QEE), dois grupos com duas baterias de 12 volts em série, quando numa alimentação de 24 V, por exemplo, que é instalado no Centro de Controle

de Máquinas (CCM). A localização e o emprego de cada um desses grupos s apresentados no quadro abaixo.



Na maioria dos navios construídos há três décadas, ou nas pequenas embarcações atuais, existem apenas os grupos equivalentes ao cinco (para iluminação) e ao seis (para comunicações), mostrados acima.

#### **1.4- Utilização a bordo**

Dentre outros usos preconizados na convenção SOLAS, essa fonte de energia temporária mais a fonte do GMDSS são normalmente empregadas em caso de pane em todos os geradores do navio, para alimentar pelo menos:

- 1°- Iluminação temporária (era o único uso nos navios antigos);
- 2°- Supervisão elétrica (automação) do QEP (quadro elétrico principal) e QEE (quadro elétrico de emergência);
- 3°- Sistema de segurança e alarmes do navio;
- 4°- Automação no MCP (motor de combustão principal), dos MCAs (motores de combustão auxiliares), das caldeiras e de outras máquinas auxiliares;
- 5°- As fontes dos sistemas de fonoclama, apito, GPS (global positioning system), telefones automáticos, dentre outros; e,
- 6°- O GMDSS, com um conjunto de baterias e carregador em separado do sistema temporário do navio.

Nos dois últimos casos (itens 5° e 6°) os equipamentos são alimentados com energia dos transformadores do sistema de iluminação (220 volts) de emergência. Em condições normais a energia para os transformadores provem do QEE, o qual por sua vez recebe do QEP. Na eventualidade do navio apagar, e enquanto o DGE (gerador de emergência) não “entra”, ou se o

DGE não funcionar, os equipamentos compreendidos nos itens 5º e 6º passam a funcionar com a tensão das baterias do sistema temporário.

No caso do item 1º acima, a iluminação temporária, normalmente 24 volts CC, só acende quando não existir qualquer energia dos geradores do navio, inclusive o DGE.

Nos demais casos (itens 2º, 3º e 4º) do quadro, os equipamentos estão permanentemente alimentados em tensão contínua e o que varia é a origem dessa energia, que pode ser o retificador ou em sua falta as próprias baterias enquanto o navio estiver “apagado”.

## **1.5 – Sistemas UPS (Sistema de Alimentação Ininterrupta)**

Os sistemas eletrônicos, tais como redes de informática, sistemas de gestão doméstica e sistemas de segurança, constituem uma ferramenta essencial para assegurar a continuidade da atividade e fazer com que a sua organização funcione sem problemas e de forma eficaz. Sem a proteção adequada de alimentação UPS, a maioria das organizações depara-se com paralisações, resultando em perda de informação, de produtividade e de lucros. A forma mais fácil de salvaguardar os seus sistemas de missão crítica e objetivos é investir em proteção de alimentação UPS, também denominado como “no break system”.

### **1.5.1 - O que é uma UPS?**

Uma Unidade de Alimentação Ininterrupta (UPS- Uninterruptible Power Supply) é um sistema capaz de fornecer alimentação elétrica de alta qualidade sem interrupções.

Um gerador não pode ser considerado uma UPS porque, caso ocorra um distúrbio na alimentação, haverá sempre um intervalo entre a falha da alimentação e o disparo do gerador em regime de "standby". Esta ruptura na alimentação poderá resultar em perdas financeiras significativas e justifica a necessidade de uma UPS.

Os UPS não só fornecem proteção contra todos os tipos de falha da alimentação elétrica, como também são capazes de filtrar uma vasta gama de perturbações encontradas na alimentação da rede elétrica, fornecendo assim cargas mais sensíveis com uma alimentação elétrica limpa.

Resumindo, os sistemas de alimentação ininterrupta realizam duas funções:

- Filtrar perturbações da rede de alimentação.
- Fornecer alimentação às cargas no caso da rede de alimentação falhar.

### **1.5.2 - Como funciona um UPS?**

Um UPS é um artigo de equipamento elétrico que se encontra posicionado entre a entrada de alimentação elétrica e os artigos selecionados de equipamento eletrônico, referidos como "carga".

Possui uma bateria ou fonte de alimentação para fornecer alimentação elétrica, no caso de corte na alimentação. O espaço de tempo que uma carga pode ser suportada (autonomia) depende do tamanho da bateria do UPS.

Fornece tempo para encerrar os sistemas informáticos essenciais de uma forma segura e ordenada para prevenir a perda/corrupção de dados.

Quando a alimentação falha, a UPS comuta para as baterias, assegurando uma alimentação elétrica limpa, sem rupturas, imediatamente disponível para manter a carga totalmente operacional. Também protege os computadores e dados de uma variedade de problemas relacionados com energia.

Um UPS é uma ferramenta para assegurar a continuidade da atividade de alimentação elétrica.

### **1.5.3 - Impacto dos problemas com a alimentação**

Perturbações na alimentação elétrica, tais como perda de energia (extinção), redução da tensão de alimentação (baixa de tensão) ou "ruído" elétrico (sobretensões, picos de tensão, transitórios) podem afetar o desempenho dos dispositivos eletrônicos, por isso é importante que o fornecimento de eletricidade seja estável e limpo. O ruído elétrico, exceto nos piores casos, é, regra geral, um evento "não visível", mas resulta na maior ameaça para as capacidades de funcionamento do equipamento eletrônico e contribui para o desgaste prematuro dos seus componentes.

### 1.5.3.1 - Os problemas na alimentação podem causar:

- Bloqueio do equipamento, falhas dos programas, falhas dos sistemas;
- Corrupção dos dados;
- Erros de processamento de dados;
- Erros na transmissão de dados;
- Erros de impressão, danos no hardware

### 1.5.3.2 - Os problemas na alimentação podem ser transmitidos por uma ou mais fontes:

- Pela sua própria rede, pelo seu fornecimento de alimentação elétrica ou pelo próprio lay out do sistema;
- Outros equipamentos do sistema;
- Pelo clima, p. ex. trovoadas.

## 1.6 - Precauções a bordo

É possível notar que o sistema de energia temporário com baterias tornou-se essencial e crítico para os navios. A energia, normalmente em 24 volts CC, não pode faltar a bordo, sob pena de desativar todas as seguranças e conseqüentemente para toda a geração de energia (MCAs) e a propulsão o que já ocorreu em navios que, descuidadamente, esqueceram desligado o retificador – carregador. Ao desligá-lo nada deve ocorrer na embarcação; nessa situação as baterias assumem o serviço e iniciam a descarga, o que não pode durar indefinidamente, de modo semelhante a um carro desligado com faróis acesos. Como o desligamento, a título de teste costumeiro durante inspeções a bordo, pode ser que a tripulação do navio não se lembre de religar o carregador depois de terminada a inspeção, o que já ocorreu antes. Portanto é preciso constante atenção com o retificador – carregador e as baterias que compõem o sistema provisório do navio.

## CAPÍTULO II

# BATERIAS

## 2.1 - Histórico

As pilhas e baterias foram criadas pelo físico italiano Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta em 1800. Como resultado de uma discórdia profissional sobre a resposta galvânica, defendida por Luigi Galvani (segundo a qual, os metais produziram eletricidade apenas em contato com tecido animal), Volta desenvolveu a primeira pilha elétrica (comprovando que para a produção de eletricidade a presença de tecido animal não era necessária), um predecessor da bateria elétrica. Volta determinou que os melhores pares de metais dissimilares para a produção de eletricidade eram zinco e prata.

Inicialmente, Volta experimentou células individuais em série, cada célula sendo um cálice de vinho cheio de salmoura na qual dois eletrodos dissimilares foram mergulhados. A pilha elétrica substituiu o cálice com um cartão embebido em salmoura. O número de células, e conseqüentemente a tensão elétrica que poderiam produzir, estavam limitados pela pressão exercida pelas células de cima, que espremiam toda a salmoura do cartão da célula de baixo.

Volta construiu um equipamento capaz de produzir corrente elétrica continuamente: a pilha de Volta. Ele empilhou alternadamente discos de zinco e de cobre, separando-os por pedaços de tecido embebidos em solução de ácido sulfúrico. A pilha de Volta produzia energia elétrica sempre que um fio condutor era ligado aos discos de zinco e de cobre, colocados na extremidade da pilha como mostra a figura abaixo.





Em 1881, uma unidade elétrica fundamental, o volt, foi nomeada em homenagem a Volta. Volta aparecia nas antigas notas de dez mil liras italianas, hoje fora de circulação. Também em sua homenagem, uma cratera lunar recebeu este nome.

No período de 1800 a 1815, após a invenção da pilha, houve grande evolução da eletroquímica.

## 2.2 – Cronologia

Apresenta-se de seguida uma pequena cronologia da evolução das baterias.

**1800** - Volta demonstrou a Napoleão a pilha Volta, a primeira pilha não recarregável.

**1854** - Sinstede usa pela primeira vez placas de chumbo em ácido sulfúrico para armazenar eletricidade.

**1859** - Planté melhora a capacidade das baterias ácidas com uma técnica ainda utilizada atualmente, (placas tipo plante).

**1882** - Gladstone e Tribe descrevem as operações básicas das baterias ácidas. Tudor abre em Luxemburgo uma fábrica de baterias ácidas.

**1904** - É utilizada madeira de cedro nos separadores das baterias.

**1915** - Willard introduz os separadores de borracha nas baterias.

**1958** - Jache descreve as baterias VRLA de gel.

**1965** - Começam a ser utilizadas as baterias SLI (starting, lighting, ignition) nos automóveis.

**1968** - São desenvolvidas as baterias SLI sem manutenção.

**1980** - São desenvolvidas as baterias VRLA baseadas na tecnologia AGM.

**1990** - Revolução das baterias ácidas nos telefones celulares.

### **2.3 – Definição**

Basicamente, as baterias são dispositivos que convertem energia química em energia elétrica, sob a forma de corrente contínua, quando estão no processo de descarga, e energia elétrica em energia química quando em carga. Durante o processo de carga e descarga as baterias perdem energia sob forma de calor, devido às reações químicas internas, pelo que apresentam um rendimento inferior a 100%. No âmbito das principais tecnologias em exploração neste domínio podemos destacar os seguintes tipos de baterias:

- Baterias NiCd (Níquel Cádmio)
- Baterias NiMh (Níquel Metal Hidreto)
- Baterias Li-Ion (Lithium Ion)
- Baterias Li-Ion Polymer (Lithium Ion Polímeros)
- Baterias Seladas Chumbo-Ácido
- Baterias Não Recarregáveis

Sob efeito das reações químicas citadas, as baterias perdem energia para o meio externo. Em cada tipo de bateria existe uma propriedade chamada de resistência interna.

A resistência interna das baterias é um parâmetro importante, uma vez que condiciona o nível da transferência de energia das baterias para o exterior. Uma resistência elevada diminui o fluxo de energia da bateria para o equipamento, tal fato pode ser observado na figura seguinte.

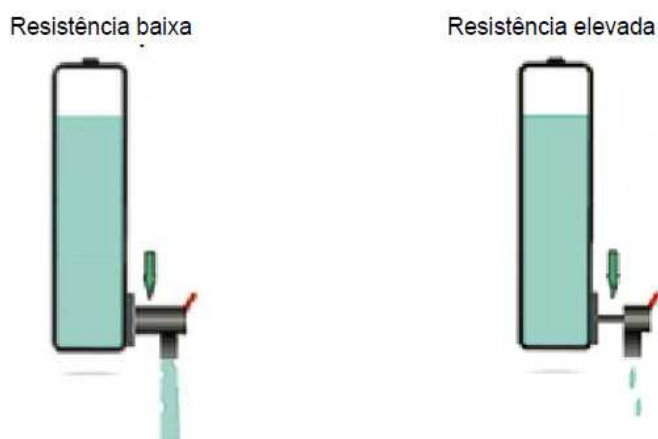


Figura 2 – Impedância interna das Baterias  
[http://www.powerpulse.net/powerpulse/archive/aa\\_061301b1.stm](http://www.powerpulse.net/powerpulse/archive/aa_061301b1.stm)

## 2.4 – Tipos de baterias

### 2.4.1 – Níquel-Cádmio

Essa bateria é a que possui maior tempo de uso no mercado. Assim é uma tecnologia já desenvolvida e madura. Porém a sua densidade de energia não é muito grande. A bateria de NiCd é utilizada quando se quer longa vida, alta corrente de descarga e preço baixo. As principais aplicações são telefones sem fio, walkie-talkie, equipamentos médicos, câmeras de vídeo profissionais e ferramentas elétricas. Elas contêm material tóxico e não podem ser descartadas no meio ambiente. Precisam ser adequadamente recicladas.

#### 2.4.1.1 - Vantagens e Limitações

São usadas comercialmente desde 1950. As baterias de NiCd preferem carga rápida ao invés de carga lenta e carga pulsada ao invés de carga contínua. Todas as outras baterias preferem carga e

descarga moderadas. De fato, a bateria de NiCd é a única que tem uma ótima performance sob rigorosas condições de trabalho. A bateria de NiCd não gosta de ficar em carregadores por vários dias e ser usada somente ocasionalmente por períodos breves. Uma descarga completa é tão importante que, se omitida, poderão ser formados grandes cristais nas placas das células (é o chamado efeito memória) e a bateria irá gradualmente perder sua capacidade. Entre as baterias recarregáveis, as de NiCd permanecem a escolha mais popular para aplicações tais como walkie-talkie, equipamentos de emergência médica, câmeras de vídeo profissionais e ferramentas elétricas. Mais de 50% de todas as baterias recarregáveis para equipamentos portáteis são de NiCd. Entretanto a introdução de novas baterias com densidade de energia maior e metais menos tóxicos está causando a migração do NiCd para tecnologias mais recentes, principalmente NiMh e Li-íon.

### **Vantagens**

- 1- Carga rápida e simples mesmo após armazenagem prolongada.
- 2- Alto número de ciclos de carga e descarga, se mantida adequadamente a bateria.
- 3- NiCd pode chegar a 1000 ciclos de carga e descarga.
- 4- Bom desempenho de carga. As baterias de NiCd permitem recargas em baixas temperaturas.
- 5- Longa vida na condição de armazenagem, em qualquer estado de carga.
- 6- Armazenagem e transporte simples. A maioria das empresas aéreas aceita as baterias NiCd sem condições especiais.
- 7- Bom desempenho em baixa temperatura.
- 8- Bom desempenho mesmo se sobrecarregada.
- 9- Preço baixo em comparação com outras baterias. A bateria NiCd é a que tem menor custo por ciclo.
- 10- Disponível em larga escala de tamanho e opções de desempenho.

### **Limitações**

- 1- Baixa densidade de energia, comparado com baterias mais modernas.
- 2- Efeito memória.
- 3- A NiCd contém metais tóxicos que não podem ser jogados no meio ambiente.

- 4- Alguns países estão limitando o uso de baterias de NiCd.
- 5- Tem uma alta taxa de autodescarga precisando ser carregada periodicamente quando armazenada.

## **2.4.2 – Níquel metal hidreto**

A bateria NiMH tem uma alta densidade de energia se comparada com as baterias NiCd. Porém seu ciclo de vida é ligeiramente inferior ao das baterias NiCd. As aplicações principais dessas baterias são telefones celulares, câmeras digitais e notebooks.

### **2.4.2.1 - Vantagens e Limitações**

O sucesso das baterias NiMH tem sido dirigido por sua alta densidade de energia e pelo uso de metais não tóxicos. As modernas baterias de NiMH oferecem até 100% a mais de densidade de energia em comparação com as baterias de NiCd. Tanto as baterias NiCd como as baterias NiMH têm uma alta taxa de autodescarga. A bateria de NiCd perde aproximadamente 10% de sua capacidade dentro das primeiras 24 horas, após o que a autodescarga é de 10% ao mês. A autodescarga das baterias de NiMH é 1,5 a 2 vezes a autodescarga das baterias NiCd. As baterias de NiMH têm substituído as baterias de NiCd nos mercados de comunicações sem fio e computação móvel. Em muitas partes do mundo o consumidor é encorajado a usar baterias NiMH ao invés de baterias NiCd. Isto se deve a preocupações ambientais com o descarte das baterias em fim de vida útil. Inicialmente mais caras que as baterias NiCd, atualmente as baterias NiMH têm preço bem próximo ao das baterias NiCd. Devido aos problemas ambientais, o consumo e a produção de baterias NiCd têm diminuído, o que provavelmente fará seu preço crescer.

#### **Vantagens**

1. 50 a 100% maior capacidade que as baterias NiCd.
2. Menor efeito memória.
- 2- Armazenagem e transporte simples. – o transporte não está sujeito a condições especiais.
- 3- Não tóxica e não causa dano ao meio ambiente.

## **Limitações**

- 1- Repetidos ciclos de carga e descarga profunda reduzem a vida útil da bateria.
- 2- Seu desempenho se deteriora após 200 a 300 ciclos.
- 3- Descargas parciais ao invés de descarga profunda são preferidas pelas baterias NiMH.
- 4- Corrente limitada de descarga. Embora as baterias NiMH possam fornecer altas correntes de descarga, repetidas descargas com altas correntes de carga podem reduzir a vida útil da bateria. Melhores resultados são conseguidos com correntes de descarga de 0,2 C a 0,5 C (20 a 50 % da corrente nominal).
- 5- Processo de carga mais complexo. As baterias NiMH geram mais calor durante o processo de carga e requerem um maior tempo de carga que a NiCd. Atualmente, com os carregadores de baterias inteligentes esse problema foi resolvido.
- 6- Alta taxa de autodescarga. As baterias de NiMH se autodescarregam em torno de 50% mais rápido que as baterias NiCd.
- 7- O desempenho da bateria se deteriora se armazenada em elevadas temperaturas.
- 8- As baterias NiMH devem ser armazenadas num local fresco e a um estado de carga de aproximadamente 40%.
- 9- Alta manutenção – as baterias requerem descargas completas regularmente, para evitar a formação de cristais.
- 10- São mais caras que as baterias NiCd. As baterias NiMH projetadas para alta corrente são ainda mais caras.

### **2.4.3 – Chumbo-ácido**

É a bateria mais econômica quando o problema do peso pode ser desprezado. É bastante usada em equipamentos hospitalares, cadeira de rodas elétricas, luz de emergência e no-breaks, carros, motos.

#### **2.4.3.1 - Vantagens e Limitações das Baterias Chumbo-Ácido**

Inventadas em 1859 pelo físico francês Gaston Planté, as baterias de chumbo-ácido foram as primeiras baterias para uso comercial. Atualmente as baterias de chumbo-ácido são usadas em automóveis, empilhadeiras e grandes sistemas de fornecimento de energia elétrica ininterrupta (no-breaks). Durante a metade dos anos 70, os pesquisadores desenvolveram uma bateria chumbo-ácido livre de manutenção, que pode operar em qualquer posição. O eletrólito líquido foi transformado em separadores umedecidos e o invólucro foi selado. Válvulas de segurança foram adicionadas para permitir a liberação do gás durante a carga e descarga. Direcionada a várias aplicações, duas designações dessas baterias emergiram. São elas: SLA (sealed lead acid – bateria selada chumbo-ácido), também conhecida com o nome comercial de Gelcell e as baterias VRLA (valve regulated lead acid – bateria chumbo-ácido regulada por válvula). Tecnicamente ambas as baterias são as mesmas. Não há uma definição clara de quando uma bateria deixa de ser SLA e passa a ser VRLA. Engenheiros podem argumentar que a palavra “bateria selada” é um engano já que nenhuma bateria pode ser totalmente selada. Em geral, todas são reguladas com válvulas.

A bateria SLA tem uma faixa típica de capacidade que vai de 0,2 Ah até 30 Ah. Os usos típicos são no-breaks para computadores, pequenas unidades de iluminação de emergência, ventiladores para cuidar da saúde dos pacientes e cadeiras de rodas elétricas. Por causa do baixo custo e da pequena manutenção, as baterias seladas são a melhor escolha para instrumentos biomédicos e de cuidados com a saúde em hospitais e casas de repouso. As baterias VRLA são usadas em aplicações estacionárias. Sua capacidade vai de 30 Ah até vários milhares de Ah e são encontradas em no-breaks de grande porte, para reserva de energia. Usos típicos são em repetidoras telefônicas, centros de distribuição de energia, hospitais, bancos aeroportos e instalações militares.

Ao contrário das baterias de chumbo-ácido com eletrólito líquido, ambas as baterias SLA e VRLA são projetadas para uma baixa sobre-tensão, de forma a evitar a formação de gases durante a carga. Carga em excesso pode causar aparecimento de gás e depleção de água. Conseqüentemente, as baterias SLA e VRLA não podem nunca ser recarregadas em todo seu potencial.

Entre as baterias recarregáveis modernas, a família das baterias de chumbo-ácido tem a menor densidade de energia. Como estamos nos focando em aplicações portáteis vamos tratar daqui para diante exclusivamente das baterias SLA. As baterias SLA não estão sujeitas ao efeito memória. Deixar a bateria em carga flutuante por um período de tempo prolongado não causa nenhum dano. A retenção de carga é a melhor entre todas as baterias recarregáveis. Enquanto que as baterias NiCd se autodescarregam aproximadamente 40 % da sua energia armazenada em três meses, a bateria SLA se autodescarrega na mesma quantidade no período de 01 ano.

A bateria SLA é relativamente barata de se comprar, mas os custos operacionais podem ser maiores que os das baterias NiCd se ciclos a plena carga forem exigidos repetitivamente. As baterias SLA devem sempre ser armazenadas carregadas. Deixar a bateria descarregada causa sulfatação, uma condição que torna difícil, se não impossível, de se recarregar as baterias. Diferente das baterias de NiCd, as baterias SLA não gostam de ciclos profundos. Uma descarga completa causa uma tensão extra e cada ciclo de carga/descarga rouba uma pequena quantidade da capacidade da bateria. Essa perda é muito pequena enquanto a bateria está em boa condição de operação, mas se torna mais aguda uma vez que o desempenho cai abaixo de 80% da sua capacidade nominal. Esta característica de redução também se aplica para outras químicas de baterias em graus variantes. Para prevenir a bateria de estar “estressada” através de descarga profunda repetitiva, uma bateria maior de SLA é recomendada.

Dependendo da profundidade de descarga e temperatura de operação, a SLA fornece 200 a 300 ciclos de carga/descarga. A primeira razão para seu ciclo de vida relativamente curto é a corrosão da grade do eletrodo positivo, acarretando na depleção do material ativo e expansão das placas positivas. Essas mudanças são predominantes em temperaturas de operação mais altas. Aplicar ciclos de carga/descarga não previne ou inverte essa tendência. Existem alguns métodos que melhoram o desempenho e prolongam a vida da SLA. A temperatura de operação otimizada para uma bateria VRLA é de 25°C (77°F). Em geral, cada 8°C (15°F) de aumento de temperatura irá cortar a vida da bateria pela metade. A VRLA que deveria durar 10 anos a 25°C estaria boa para apenas 5 anos se operada a 33°C (95°F). A mesma bateria agüentaria pouco mais de um ano a uma temperatura de 42°C (107°F).

### **Vantagens**

- 1- Barata e simples de se fabricar -- em termos de custo por watt horas, a SLA é a mais barata.
- 2- Tecnologia madura, confiável e bem-compreendida -- quando usada corretamente, a SLA é durável e fornece serviço seguro.
- 3- Baixa Auto-descarga -- a auto-descarga está entre as mais baixas em sistemas de baterias recarregáveis.
- 4- Exigências de manutenção baixas – sem memória; nenhum eletrólito para encher.
- 5- Capaz de taxas elevadas de descarga.



### **Limitações**

- 1- Não pode ser armazenada em uma condição descarregada – a tensão da célula não pode cair abaixo de 2,10 Volts.
- 2- Baixa densidade de energia
- 3- Permite somente um número limitado de ciclos completos de descarga -- bem adequados para aplicações de espera que requerem somente descargas profundas ocasionais.
- 4- Meio hostil - o eletrólito e o conteúdo da carga podem causar danos ambientais.
- 5- Limitações do transporte em baterias de chumbo-ácido inundado – existem interesses ambientais a respeito do derramamento no caso de um acidente.
- 6- Fuga térmica pode ocorrer com carregamento impróprio.
- 7- A SLA tem uma densidade de energia relativamente baixa comparada com outras baterias recarregáveis, tornando-a inadequada para dispositivos de mão que exigem um tamanho compacto. Além disso, a performance em baixas temperaturas é amplamente reduzida.
- 8- A SLA é taxada em 0,2 C ou 5 horas de descarga. Algumas baterias são até taxadas a uma baixa descarga de 20 horas. Tempos de descarga maiores produzem leituras de capacidade maiores. A SLA funciona bem em altos pulsos de corrente.
- 9- Em termos de descarte, a SLA é menos prejudicial do que a bateria de NiCd, mas o alto conteúdo de carga torna a SLA inimiga do ambiente. 90% das baterias de chumbo-ácido estão sendo recicladas.

#### **2.4.4 – Lítio-íon**

É a tecnologia mais recente e está tendo um rápido crescimento. A bateria Li-íon é usada quando se deseja alta densidade de energia e peso leve. Essas baterias são mais caras que as outras e

precisam ser utilizadas dentro de padrões rígidos de segurança. Aplicações incluem notebooks e telefones celulares.

#### **2.4.4.1 - Vantagens e Limitações**

O Lítio é o mais leve de todos os metais usados em baterias, tem o maior potencial eletroquímico e fornece a maior densidade de energia por peso. Baterias recarregáveis que usam anodos de metal de lítio (eletrodos negativos) são capazes de fornecer tanto alta tensão quanto excelente capacidade, resultando em uma extraordinária densidade de energia alta.

Depois de muita pesquisa em baterias recarregáveis de lítio durante os anos 80, foi descoberto que o ciclo de carga/descarga causa mudanças no eletrodo de lítio. Essas transformações reduzem a estabilidade térmica, causando potenciais condições de fuga térmica. Quando isso ocorre, a temperatura da célula rapidamente se aproxima do ponto de derretimento de lítio, resultando em uma violenta reação chamada “abertura com chama”. Uma grande quantidade de baterias de lítio recarregáveis enviadas ao Japão teve que regressar em 1991 depois de uma bateria em um telefone celular liberar gases inflamáveis e causar danos no rosto da pessoa.

Por causa da instabilidade inerente do metal de lítio, especialmente durante o carregamento, pesquisas conduziram para uma bateria de lítio não-metálica. Embora superficialmente menor em densidade de energia do que a de metal de lítio, a de Lítio-Íon é segura, tomadas certas precauções quando carregando e descarregando. Em 1991 a SONY comercializou a primeira bateria de Lítio-Íon. Outros fabricantes também se adaptaram à tecnologia. Hoje, a Lítio-Íon é a bateria que mais está crescendo e é a química de bateria mais promissora. A densidade de energia da bateria de Lítio-Íon é tipicamente o dobro das de NiCd padrão. Melhorias nos materiais de eletrodo ativo têm o potencial de aumentar a densidade de energia perto de três vezes em relação às de NiCd. Além da alta capacidade, as características de carga são razoavelmente boas e se comportam como as de NiCd em termos de características de descarga (forma similar do perfil de descarga, mas de tensão diferente). A curva de descarga plana oferece utilização eficiente da energia armazenada em um espectro de tensão desejável.

A Lítio-Íon é uma bateria de baixa manutenção, uma vantagem que a maioria das outras químicas não tem. Não existe memória e nenhum ciclo programado é exigido para prolongar a vida da bateria. Além disso, a auto-descarga é menor que a metade comparado com as de NiCd e NiMH. A alta tensão da célula de Lítio-Íon permite a fabricação de conjuntos de baterias que consistem em

apenas uma célula. Muitos dos telefones móveis de hoje funcionam com uma célula simples, uma vantagem que simplifica o projeto da bateria. As tensões de alimentação de aplicações eletrônicas têm caído, o que requer poucas células por conjunto de baterias. Para manter a mesma energia, contudo, são necessárias maiores correntes. Isto enfatiza a importância de uma resistência muito baixa da célula para permitir irrestrito fluxo de corrente. Células de Lítio-Íon causam menos dano quando descartadas do que as de Chumbo-Ácido ou baterias à base de Cádmio. Entre a família de Lítio-Íon, o manganês é o mais amigável em termos de descarte.

Apesar de suas vantagens totais, as de Lítio-Íon também têm as suas inconveniências. Ela é frágil e requer um circuito de proteção para manter uma operação segura. Embutido dentro de cada conjunto, o circuito de proteção limita a tensão de pico de cada célula durante a carga e previne que a tensão da célula caia muito durante a descarga.

Além disso, a máxima corrente de carga e descarga é limitada e a temperatura da célula é monitorada para prevenir temperaturas extremas. Envelhecimento é uma preocupação com a maioria das baterias. Por razões desconhecidas, fabricantes de baterias são silenciosos sobre essa questão. Alguma deterioração da capacidade é perceptível após 1 ano, se a bateria estiver em uso ou não. Acima de 2 ou talvez 3 anos, a bateria frequentemente falha. Deve-se mencionar que outras químicas também têm efeitos degenerativos relacionados à idade. Isso é especialmente verdadeiro para as baterias de NiMH se expostas a altas temperaturas ambientes.

Armazenar a bateria em um lugar fresco desacelera o processo de envelhecimento da bateria de Lítio-Íon (e outras químicas). Fornecedores recomendam armazenar a 15°C (59°F). Além disso, a bateria apenas deve ser parcialmente carregada quando armazenada. Armazenamento prolongado não é recomendado para baterias de Lítio-Íon. O comprador deve estar ciente da data de fabricação quando comprar baterias de reposição de Lítio-Íon. Infelizmente, essa informação é frequentemente codificada em um número de série criptografado e está disponível apenas para o fabricante.

A mais econômica bateria à base de Lítio em termos da relação de custo por energia é um conjunto de baterias que usa a célula cilíndrica 18650. Essa bateria é um tanto volumosa, mas adequada para aplicações portáteis tais como computação móvel. Se um conjunto de baterias mais fino for requerido (mais fino que 18 mm), a célula prismática de Lítio-Íon é a melhor escolha. Existe um pequeno ou nenhum ganho em densidade de energia por peso e tamanho sobre a 18650, contudo o custo é maior que o dobro. Se uma geometria ultra-fina é necessária (menor que 4 mm), a melhor escolha é a Lítio-Íon Polímero. Essa é a opção mais cara em termos de custo de energia. A

de Lítio-Íon Polímero não oferece ganhos de energia apreciáveis sobre os sistemas de Lítio-Íon convencionais, nem combina a durabilidade da célula 18650.

### **Vantagens**

- 1- Densidade da energia elevada - potencial para capacidades ainda maiores.
- 2- Auto-descarga relativamente baixa - a auto-descarga é menor do que a metade da NiCd e NiMH.
- 3- Manutenção Baixa - nenhuma descarga periódica é necessária; sem memória.

### **Limitações**

- 1- Requer circuito de proteção - o circuito da proteção limita a tensão e a corrente.
- 2- A bateria é segura se não sobrecarregada.
- 3- Sujeita ao envelhecimento, mesmo se não estiver em uso - armazenar a bateria em um lugar fresco e a 40 por cento de estado de carga reduz o efeito do envelhecimento.
- 4- Moderada corrente de descarga.
- 5- Sujeito aos regulamentos do transporte - o embarque de quantidades maiores de baterias de Lítio-Íon pode estar sujeito ao controle regulador. Esta restrição não se aplica ao carregamento pessoal de baterias.
- 6- Caro de se fabricar - aproximadamente 40 por cento maior no custo do que a de NiCd.
- 7- Melhores técnicas de fabricação e recolocação de metais raros com alternativas de custo mais baixo, provavelmente reduzirão o preço.
- 8- Não inteiramente maduro - as mudanças em combinações do metal e da química afetam resultados de teste da bateria, especialmente com alguns métodos de testes rápidos.

**Cuidado:** As baterias do Li-íon têm uma alta densidade de energia. Não faça curto-circuito, não sobrecarregue, não esmague, não bata, não mutile, não penetre, não aplique polaridade reversa, não exponha à alta temperatura e não desmonte. Use somente a bateria do Li-íon com o designado circuito de proteção. A alta temperatura da cápsula resultante do abuso da célula poderia causar dano físico. O eletrólito é altamente inflamável. A ruptura pode causar a abertura com chama.

#### **2.4.5 – Lítio-íon Polímero**

É uma versão mais barata da Lítio-Íon. Essa química é similar à de Lítio-Íon em termos de densidade de energia. Pode ser fabricada com uma geometria muito fina e permite uma embalagem simplificada. As aplicações principais são telefones celulares.

A tabela a seguir ilustra dados comparativos entre as baterias mais utilizadas.

	NiCd	NiMh	Li-Ion	Li-Íon Polímero	Chumbo-Ácido
Densidade de Energia (Wh/kg)	45-80	60-120	110-160	100-130	30-50
Resistência Interna (miliOhm)	100-200 Pack 6V *(1)	200-300 Pack 6V *(1)	150-250 Pack 7,2V *(1)	200-300 Pack 7,2V *(1)	<100 Pack 12 V *(1)
Ciclo de Vida (80% da capacidade inicial)	1500 *(2)	500-1000 *(2)(3)	500-1000 *(3)	300-500	200-300 *(2)
Tempo para Carga Rápida	1 hora	2 a 4 hs	2 a 4 hs	2 a 4 hs	8 a 16 hs
Tolerância para Sobrecarga	Moderada	Baixa	Muito Baixa	Baixa	Alta
Auto-Descarga Mensal (na temperatura ambiente)	20% *(4)	30% *(4)	10% *(5)	10% *(5)	5%
Tensão da Célula	1,25V *(6)	1,25V *(6)	3,6V	3,6V	2V
Corrente de Carga -Pico - Melhor Resultado	20C 1C	5C 0,5C	>2C 1C	>2C 1C	5C - *(7) 0.2C
Temperatura de operação (somente descarga) *(8)	-40 a 60 °C	-20 a 60 °C	-20 a 60 °C	0 a 60 °C	-20 a 60 °C
Manutenção	30 a 60 dias	60 a 90 dias	Não é necessário	Não é necessário	3 a 6 meses *(9)
Comparação de Custo Pack 7,2V – U.S.A. *(10)	\$ 50	\$60	\$100	\$100	\$25
Custo por ciclos *(11)	\$0,04	\$0,12	\$0,14	\$0,29	\$0,10
Usada comercialmente desde	1950	1990	1991	1999	1970

**OBS.:**

- 1- A resistência interna de uma bateria varia com a capacidade da célula, tipo de proteção e número de células. Os circuitos de proteção para Li-Íon e Li-Íon polímero adicionam 100 mili Ohms de resistência.
- 2- O ciclo de vida é baseado no fato que a bateria recebe o ciclo adequado de manutenção. A falha na aplicação de ciclos profundos de descarga pode reduzir a vida útil por três vezes.
- 3- O ciclo de vida útil é baseado na profundidade da descarga. Descargas curtas permitem ciclos de vida mais longos.
- 4- A descarga é maior imediatamente após a carga, A bateria NiCd descarrega aproximadamente 10% nas primeiras 24 horas e após descarrega 10% cada 30 dias. A autodescarga aumenta com a elevação da temperatura.
- 5- Circuitos internos de proteção tipicamente consomem 3% da energia armazenada por mês.
- 6- 1,25V é a tensão de célula sem carga. 1,2V é a tensão mais comum.
- 7- Capaz de altas correntes pulsadas
- 8- Aplicado apenas à descarga; a temperatura de carga é mais restrita.
- 9- A manutenção pode ser na forma de carga de equalização ou de pico.
- 10- Custo das baterias para aplicações portáteis.
- 11- Derivado do preço da bateria dividido pelo número de ciclos. Não inclui o custo da eletricidade e dos carregadores.

**2.4.5.1 - Vantagens e Limitações**

A bateria de Lítio-Polímero se diferencia dos outros sistemas de baterias no tipo de eletrólito usado. O projeto inicial, anterior aos anos 70, usa somente um eletrólito seco de polímero sólido. Esse eletrólito se assemelha a um filme tipo plástico que não conduz eletricidade, mas permite uma troca de íons (átomos eletricamente carregados ou grupos de átomos). O eletrólito de polímero substitui o separador poroso tradicional, que é embebido com eletrólito.

O projeto de polímero seco oferece simplificações no que diz respeito à fabricação, rugosidade, segurança e geometria de perfil fino. Não há perigo de inflamação porque nenhum eletrólito líquido ou de gel está sendo usado. Com uma espessura de célula medindo tão pouco quanto um milímetro (0,039 polegadas), projetistas de equipamentos são deixados à sua própria imaginação em termos de modelo, forma e tamanho.

Para fazer uma pequena bateria de Lítio-Polímero condutora, um pouco de eletrólito com gel foi adicionado. A maioria das baterias comerciais de Lítio-Polímero usadas hoje para telefones celulares é híbrida e contém eletrólito com gel. O correto termo para esse sistema é “Lítio-Íon-Polímero”. Com eletrólito com gel adicionado, qual é então a diferença entre Lítio-Íon e Lítio-íon-polímero? Embora as características e desempenho dos dois sistemas sejam muito similares, a de Lítio-Íon-Polímero é única que usa um eletrólito sólido, substituindo o separador poroso. O eletrólito com gel é simplesmente adicionado para aumentar a condutividade de íon.

Uma das vantagens da bateria de Lítio-Íon-Polímero, contudo, é a embalagem mais simples porque os eletrodos podem facilmente ser empilhados. Empacotamento laminado (folheado) similar ao usado em indústrias alimentícias está sendo usado

### **Vantagens**

- 1- Perfil muito baixo - as baterias que se assemelham ao perfil de um cartão de crédito são praticáveis.
- 2- Fator flexível do modelo - os fabricantes não são limitados por formatos padrão da célula. Com volume elevado, qualquer tamanho razoável pode ser produzido economicamente.
- 3- Peso Leve - Gel é preferido que os eletrólitos líquidos, pois permitem empacotamento simplificado, em alguns casos eliminando a casca do metal.
- 4- Segurança melhorada - mais resistente à sobrecarga; menos possibilidade de vazamento de eletrólito.

### **Limitações**

- 1- Densidade de energia mais baixa e contagem de ciclo diminuída comparada a bateria de Lítio-Íon – potencial para melhorias existem.



- 2- Caro para manufaturar - uma vez produzida em grande escala, o polímero de Lítio-Íon tem o potencial para um custo mais baixo. O circuito de controle reduzido implica em maiores custos de fabricação.

## **2.5 - Formatos de baterias**

### **2.5.1 - A bateria cilíndrica**

A bateria cilíndrica continua a ser o estilo de revestimento mais usado. As vantagens são facilidade de fabricação e boa estabilidade mecânica. O cilindro tem a habilidade de resistir altas pressões internas. Quando carregando, a pressão da bateria de uma NiCd pode alcançar 1379 kilopascal (kPa) ou 200 libras por polegada quadrada (psi). Um sistema de abertura é adicionado em uma das pontas do cilindro. A abertura ocorre se a pressão da bateria alcançar entre 150 e 200 psi.

Ela possui um preço moderadamente melhor e oferece alta densidade de energia. Aplicações típicas são: comunicação, computação móvel, instrumentos biomédicos, ferramentas elétricas e outros usos que não exigem tamanho ultrapequeno. NiCd oferece a maior seleção de baterias cilíndricas. Uma boa variedade é também disponível na família de NiMh, especialmente nos formatos menores de baterias.

As baterias de Lítio-Íon estão apenas disponíveis em tamanhos limitados, sendo a mais popular a 18650. “18” indica o diâmetro em milímetros e “650” indica o comprimento (65 milímetros). Ela tem a capacidade de 1800 a 2000mAh. A bateria 26650 tem diâmetro de 26 milímetros e fornece 3200mAh. Por causa da geometria plana do polímero de Lítio-Íon, essa química de bateria não está disponível no formato cilíndrico.

A maioria das baterias seladas de Chumbo-Ácido é construída em um formato prismático, deste modo criando uma caixa retangular que é comumente feita de materiais plásticos. Existem baterias seladas de Chumbo-Ácido, contudo, que levam vantagem do modelo cilíndrico usando uma técnica de enrolamento que é similar à bateria convencional. Diz-se que a bateria selada de Chumbo-Ácido cilíndrica Hawker Cyclone oferece melhor estabilidade da bateria, e que fornece maiores correntes de descarga e tem melhor estabilidade de temperatura do que o modelo prismático convencional. O inconveniente da bateria cilíndrica é que o máximo uso do espaço não é

conseguido. Quando as baterias são empilhadas, cavidades de ar são formadas. Por causa do tamanho fixo da bateria, o conjunto deve ser projetado em torno do tamanho disponível da bateria.

Quase todas as baterias cilíndricas são equipadas com um mecanismo de abertura para expelir excesso de gases em uma maneira ordenada. Muitas Baterias de Lítio- Íon cilíndricas contêm um lacre de membrana que se rompe se a pressão exceder a 3448kPa (500 psi). Existe usualmente um sério aumento do volume da bateria antes do lacre se romper. A abertura apenas ocorre sob condições extremas.

### **2.5.2 - A bateria botão**

A bateria botão foi desenvolvida para “miniaturizar” conjuntos de baterias e resolver problemas de empilhamento. Hoje, essa arquitetura é limitada a um pequeno nicho de mercado. Versões não-recarregáveis da bateria botão continuam a ser populares e podem ser encontradas em relógios, aparelhos auditivos e memória de “backup” (cópia de segurança).

As principais aplicações da bateria botão são (ou foram): velhos telefones sem fio, dispositivos biomédicos e instrumentos industriais. Embora pequeno no projeto e barato de se fabricar, a principal inconveniência é o aumento do tamanho, se carregada muito rapidamente. Baterias botão não têm abertura de segurança e apenas podem ser carregadas a uma taxa de carga de 10 a 16 horas. Novos modelos reivindicam rápida capacidade de carga.

### **2.5.3 - A bateria Prismática**

A bateria prismática foi desenvolvida em resposta à exigência do consumidor por tamanhos de conjuntos mais estreitos. Introduzida nos recentes anos 90, a bateria prismática faz quase o máximo uso do espaço quando empilhada. Baterias prismáticas são usadas predominantemente em aplicações de telefonia celular.

Elas são as mais comuns da família de baterias de Lítio. A bateria de Lítio-Íon-Polímero é exclusivamente prismática. Um fabricante principal pode apresentar um ou mais tamanhos que se ajustam em um certo dispositivo portátil, tal como o telefone celular. Enquanto essas baterias são produzidas em grande escala, outros fabricantes de baterias seguem a adequação e oferecem uma bateria idêntica a um preço competitivo. Baterias prismáticas que têm ganhado aceitação são: 340648 e a 340848. Medida em milímetros, “34” indica a largura, “06” ou “08” indica a espessura e “48” indica o comprimento da bateria.

Algumas baterias prismáticas são similares no tamanho, mas se distinguem por apenas uma pequena fração. Tal é o caso da bateria da Panasonic que mede 34 mm por 50 mm e tem a espessura de 6,5 mm. Se alguns milímetros cúbicos puderem ser adicionados a uma dada aplicação, o fabricante fará isso para obter maiores capacidades.

A desvantagem da bateria prismática são densidades de energia superficialmente mais baixas, comparado a bateria cilíndrica equivalente. Além disso, a bateria prismática é mais cara de se fabricar e não fornece a mesma estabilidade mecânica apreciada pela bateria cilíndrica. A bateria prismática é oferecida em limites e químicas limitados e funciona aproximadamente de 400mAh a 2000mAh. Por causa da grande quantidade exigida para telefones celulares, baterias prismáticas especiais são feitas para se adequarem a certos modelos. A maioria das células prismáticas não tem um sistema de abertura. No caso de aumento de pressão, a célula começa a se inchar. Quando corretamente usada e adequadamente carregada, nenhum aumento deve ocorrer.

## **2.6 - Efeitos da Temperatura na longevidade das baterias**

- A tensão de saída da bateria aumenta com o aumento da temperatura, devido à ocorrência de reações químicas que originam a redução da densidade do eletrólito. Por outro lado, as altas temperaturas causam a destruição das placas e diminuem a vida das baterias.
- A baixa temperatura tem o efeito oposto, isto é, o ácido torna-se mais denso, o que vai provocar uma descida da tensão.
- A percentagem de descarga, causada pelo efeito da temperatura, na capacidade das baterias é apresentada na tabela seguinte. Acima dos 20°C, a capacidade das baterias aumenta 4% em cada 10°C. Abaixo dos 10°C, a capacidade das baterias vai descendo à medida que a temperatura desce, quando a temperatura atinge - 35°C, metade da capacidade das baterias é perdida.

## **2.7 – Precauções**

As baterias foram concebidas para ter uma certa durabilidade, dependendo da “profundidade do ciclo de carga/descarga” das baterias ácidas e da sua utilização. De seguida indicamos alguns cuidados a ter:

- As baterias devem ser carregadas em áreas ventiladas, pois sofrem reações químicas e conseqüentemente libertação de hidrogênio, e este em contacto com o oxigênio forma uma atmosfera explosiva.
- A bateria e o local de instalação devem estar sempre limpos, mantendo o acesso ao local das baterias limitado à pessoal qualificado.
- A limpeza das baterias não pode ser feita com solventes ou químicos e não se devem utilizar panos sujos nas partes elétricas, para evitar as descargas eletrostáticas.
- Não fumar ou fazer chama junto às baterias.
- A bateria deve ser carregada corretamente e totalmente;
- A bateria deve manter o eletrólito com o nível de água correto. A verificação deste deve ser feita pelo menos de 12 em 12 meses; é necessário ter em consideração que a água em excesso pode provocar uma má regulação da tensão. Caso seja adicionada ao eletrólito outra substância que não água destilada pura, irão ser introduzidas impurezas que vão causar reações químicas adversas e interferir com o normal funcionamento da bateria.
- A bateria não deve ser exposta a choques nem a vibrações;
- Não devem ser ligadas entre si baterias diferentes tanto ao nível da capacidade como do tipo.

## **2.8 – As baterias a bordo**

A bordo, a corrente elétrica é obtida por meio de geradores e alternadores, que são equipamentos que transformam a energia mecânica em energia elétrica. A corrente elétrica gerada poderá ser utilizada diretamente pelos outros equipamentos que necessitam de energia para seu funcionamento ou fluir para baterias e acumuladores, que armazenarão essa energia para ser fornecida, quando necessário.

Podemos, então, afirmar que o Sistema Transitório é a grande fonte de alimentação para a geração das ondas eletromagnéticas, que, por sua vez, fazem acontecer a radiocomunicação. Portanto, agora, veremos como funcionam e quais são os cuidados que devemos tomar com as baterias e acumuladores de bordo.

O funcionamento da bateria segue um princípio bastante simples. Ele se dá devido a uma reação química, denominada de eletrólise, que ocorre internamente com os elementos e o eletrólito e libera elétrons com intensidade resultando uma diferença de potencial entre os terminais.

A capacidade de uma bateria é expressa em ampère-hora (Ah), que indica a quantidade de energia que pode ser fornecida por um período de descarga padrão, usualmente de 10 a 20 horas.

Uma bateria, em boas condições, com capacidade de 140 Ah, por exemplo, pode fornecer 14 amperes por 10 horas, 7 amperes por 20 horas, ou 28 amperes por 5 horas.

## **2.9 – As modernas baterias para embarcações**

Foram estudadas várias baterias, de marcas diferentes, específicas para embarcações. Destas, destacamos suas características em comum.

### **2.9.1 – Características**

- Vida útil de até 15 anos;
- Alto desempenho;
- Material basicamente de liga chumbo-ácido;
- Livre de manutenção (nunca requer água);
- Alta descarga;
- Maior autonomia e durabilidade;
- Maior resistência as altas temperaturas;
- Tecnologia e inovação com o sistema Ventsafe da tampa (ainda não é utilizado em embarcações), que permite aumentar o volume de eletrólito, ao mesmo tempo em que elimina qualquer derramamento de ácido graças a um labirinto para cada um dos elementos. Simultaneamente, o Ventsafe tem um sistema de canalização dos gases e uma pastilha anti-deflagração a fim de reduzir eventuais riscos de explosão;
- Eliminação do processo de fundição e uso de antimônio nas grades;
- Design selado (máxima segurança quanto à contaminação pelo eletrólito);
- Maior resistência a sobrecarga;

- Rolha tripla – provida de um sistema de filtragem dos gases com câmara de condensação destinada a fazer com que a água evaporada condense e retorne aos recipientes (vasos) das baterias; supressor de chamas não permitindo o acesso de chamas e faíscas.
- Hidrômetro – (dispositivo) indicador de carga elétrica através do qual é possível verificar o estado de carga elétrica da bateria;
- Tampa – polipropileno copolímero de alto impacto;
- Monobloco - polipropileno copolímero de alto impacto;
- Terminais – standard ou parafuso;
- Grades híbridas chumbo-cálcio/chumbo-selênio – dimensionada para proporcionar maior resistência e uma ciclagem constante e profunda;
- Tecnologia AGF – aditivo adicionado ao material ativo que proporciona um aumento de superfície das partículas reativas e conseqüentemente aumenta a quantidade de ciclos de carga e descarga. Esta tecnologia proporciona uma excelente aceitação de carga e capacidade com um tempo menor de recarga;
- Separador de envelope – com alta porosidade, alta absorção, baixa resistência elétrica e maior resistência a vibrações;
- Eletrólito – solução de ácido sulfúrico.

### **2.9.2 – Nova tecnologia para baterias**

Desenvolvida por engenheiros da Universidade de Illinois, nos Estados Unidos, a tecnologia para memórias de consumo ultrabaixo usa 100 vezes menos energia que uma memória similar disponível. Ela trará aos futuros aparelhos portáteis, baterias que proporcionarão um uso bem mais longo, capaz de passar semanas sem precisar de recarga.

Segundo o professor de engenharia Eric Pop, responsável pelo estudo, a rotina de uso com as novas baterias mudará drasticamente, recargas diárias não serão mais necessárias, e serão cada vez mais raras. Baseada em tecnologias preexistentes conhecidas por Phase Change Memory (PCM), essa tecnologia não utiliza condutores metálicos como resistores, e, sim, nanotubos. Estes têm espessura 10 mil vezes inferior a de um cabelo humano e demandam menos energia que as PCM padrão.

A tecnologia será aprimorada para atingir um maior nível de economia, será possível reduzir o consumo em outros 90%. O professor Eric Pop acredita que será possível construir aparelhos que usam baterias muito pequenas ou, ainda, que dispensam totalmente o uso de bateria

## CAPÍTULO III

### PROCESSO DE CARGA E DESCARGA DE BATERIAS

#### 3.1 – Carga

As baterias ácidas são constituídas por células, cada célula tem aproximadamente, uma tensão de 2V (uma bateria de 12V é constituída por 6 células individuais). Mais rigorosamente, quando a célula está completamente carregada a sua tensão é aproximadamente 2,12V e quando está totalmente descarregada a tensão é de aproximadamente 1,8V. Portanto uma bateria de 12V vai ter uma tensão, aproximadamente, de 12,7V quando totalmente carregada e uma tensão de 10,8V quando descarregada, o que dá uma variação total de tensão de 1,9 V.

No processo de carga, e para otimizar a vida das baterias, estas deverão carregar no máximo 10-20% da sua capacidade nominal por hora (por exemplo, uma bateria de 100Ah deverá carregar um máximo de 20Ah). O processo de carga das baterias não é todo igual, isto é, nas primeiras quatro horas a bateria carrega cerca de 80% da sua capacidade e nas três horas seguintes carrega os restantes 20%. Durante o ciclo de carga a tensão individual de cada célula não será necessariamente igual, existindo pequenas diferenças. Estas diferenças podem ser reduzidas através da equalização da bateria, que deverá ser efetuada periodicamente e deverá ter uma duração entre 2 e 16 horas.

Uma célula está em carga quando, a uma tensão recomendada, na ordem dos 2,25V, a corrente observada não mostra mudanças significativas durante um período de tempo. Seguidamente dá-se um aumento gradual da tensão, até atingir o seu máximo, e uma conseqüente diminuição da corrente até ao valor zero, nesta fase a bateria está totalmente carregada.

##### 3.1.1 – Posicionamento de baterias (série-paralelo)

Se necessário qualquer número de baterias pode ser colocado em paralelo, mas é de fundamental importância o uso de terminais adequados. O uso de um terminal impróprio ou em más condições pode não permitir uma recarga adequada e ocasionar desbalanceamento no sistema e danos para as baterias.



Ao operar com baterias em paralelo, é melhor tomar a saída de positivo de um lado e a saída de negativo do outro lado do banco. Isto vai permitir que qualquer queda de tensão se cancele e melhore a recarga.

Existem observações importantes para tais sistemas:

Quando necessário utilizar baterias com ligações série-paralelo em função da necessidade de maior capacidade e autonomia, recomenda-se primeiro montar os grupos em paralelo e depois em série. Esta configuração implica em mais fiação, porém, é o sistema mais confiável.

### 3.2 – Descarga

A descarga das baterias, tal como a carga, deve respeitar um limite máximo de descarga por hora, neste caso igual a 30% da capacidade nominal da bateria. Por exemplo, uma bateria de 100Ah poderá ser descarregada a um ritmo de 30Ah. Caso a descarga da bateria se efetue mais rapidamente esta poderá ser gravemente danificada.

À medida que a bateria descarrega, os íons de sulfato do ácido combinam-se com o chumbo e o dióxido de chumbo das placas e a densidade do ácido (eletrólito) diminui assim como a gravidade específica. Quando a bateria está carregada o eletrólito tem uma gravidade específica de 1,270 (1,270 kg por litro), que vai diminuindo até 1,150 que é o valor correspondente ao estado da bateria completamente descarregada. O valor da gravidade específica pode ser medido através de um hidrômetro. Quando a bateria está a descarregar, o enxofre que se encontra no ácido sulfúrico, que constitui o eletrólito, separa-se e move-se até as placas,

Quando a descarga é inicializada a tensão desce quase instantaneamente para um valor que depende da resistência interna da bateria (*ohmic drop*). Devido ao fenômeno de cristalização, proporcionado pelas reações químicas internas, a tensão desce até ao ponto conhecido por “*coup de fouet*”, nos primeiros 3 a 10% da descarga. Seguidamente a tensão recupera um pouco. A partir deste momento é possível calcular o tempo de descarga. Esta descarga não deve passar de certos limites (80%) para evitar a libertação de gases, o aquecimento e a deterioração das células e para prolongar a longevidade da bateria como já foi referido.

### **3.3 - Tensões de carga e flutuação**

A seleção e a manutenção da tensão específica de carga e flutuação são essenciais para alcançar a vida útil e capacidade projetada da bateria. Se a tensão de carga e flutuação for muito alta causará crescimento acelerado e corrosão da placa reduzindo a vida útil da bateria.

Se a tensão de carga e flutuação for muito baixa, a bateria não será mantida a plena carga, isto causará sulfatação das placas resultando na degradação da capacidade e redução da vida útil.

As tensões de equalização e flutuação devem ser ajustadas em função da temperatura de acordo com uma tabela pré-determinada. Em algumas ocasiões as baterias estarão expostas a variações de temperatura, neste caso pode-se adotar uma temperatura média para tensão de carga e flutuação.

## CAPÍTULO IV

# INOVAÇÕES EM FORNECIMENTO DE ENERGIA PARA BATERIAS

### 4.1 – A energia solar (utilização a bordo)

#### 4.1.2 – Exemplos

Foi apresentado em Kiel, na Alemanha, o maior navio movido a energia solar. Chama-se Planet Solar.

A Knierim Yach Club apresentou o primeiro iate catamaran movido unicamente a energia solar: chama-se Planet Solar e pode navegar a até 14 nós. A criação é de Raphael Domian e de Gerard D'Abouville, que estão a preparar a primeira viagem de circum-navegação ao mundo que o levou a atravessar o Oceano Atlântico com o navio que utiliza 470 metros quadrados de painéis solares.

O catamaran saiu de Mônaco no dia 27 de Setembro do ano passado e chegou a Miami, nos Estados Unidos, no dia 28 de Novembro do mesmo ano. Com um comprimento de 31 metros e largura de 15 metros, tem autonomia de navegação até 3 dias sem luz solar direta – qualquer excesso de energia é estocado em uma moderna bateria de lítio, ou seja, mesmo em escuridão total.

As baterias ficam carregadas depois de dois dias de sol com o navio parado. Os painéis solares, no seu desempenho total, podem armazenar 100 kilowatts de energia. Sendo que são necessários apenas 20 para navegar, isto lhe dá uma grande margem para funcionar corretamente durante a noite e quando o céu está nublado.

O grande objetivo deste projeto é a circum-navegação numa extensão de 40000 km, provendo as energias renováveis. Apesar de ter fins comerciais, o Planet Solar procura a conscientização para os problemas ambientais, passando uma mensagem de praticidade e otimismo.

Existe também a promessa de um navio híbrido que não precisa acionar seus geradores (máquinas auxiliares), enquanto atracado ou fundeado, não querendo dizer que o navio será plugado em terra firme ou ficar “apagado”, muito pelo contrário. O navio produziria e armazenaria sua própria energia, porém sem a necessidade de consumir combustível fóssil.

Este é o projeto que a **MOL (Mitsui O.S.K. Lines** - maior armador japonês e do mundo também), divulgou, além de imagens do design exterior do navio híbrido que será utilizado no transporte de automóveis (Car Carrier Ship). O objetivo do modelo é atingir 0% de emissão gases quando atracado ou fundeado, por meio de uma tecnologia híbrida de geração de energia. A idéia é bem prática para um navio que tem formado de caixa (navios ro/ro – roll on/roll off ou pure car) e painéis solares serão instalados sobre o convés principal e demais espaços “livres”.

O projeto é apoiado e subsidiado pelo Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo do Japão desde 2009.

O navio irá utilizar um sistema de fornecimento de energia elétrica que combina painéis de energia solar para captar energia para baterias de íon-lítio que entram em funcionamento quando a embarcação está atracada.

Os painéis serão capazes de gerar 160 kW – isto é dez vezes mais que o sistema atual empregado nos outros navios. O sistema foi elaborado pela *Mitsubishi Heavy Industries*, pela *Sanyo Electric*, e pela *MOL*. As baterias de íon-lítio podem armazenar 2,2MWh de eletricidade, e a potência gerada pelos painéis enquanto o navio está em operação é armazenada nas baterias e usada para fornecer energia aos sistemas da embarcação enquanto ela estiver atracada ou em fundeio, e mais o sistema de gerador de eixo enquanto estiver navegando.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término deste trabalho, cheguei à conclusão que as inovações para baterias utilizadas em embarcações não param de se desenvolver juntamente com a tecnologia de computação e eletrônica computacional. Da mesma forma que tais estudos e modernizações são elaborados não só pela diminuição de custos, mas também para a proteção de trabalhadores, os quais entram em contato direto com todo o mecanismo de construção e de utilização de baterias.

Este trabalho também me ajudou a perceber que os sistemas provisórios de bordo são bem simplificados e bem planejados para o caso de avarias, e muito seguros para os casos nos quais se façam necessários.

Qualquer que seja o motivo e o tempo necessário para que este sistema opere, deve-se sempre se certificar de que os retificadores estarão ligados e que as baterias estão em perfeita qualidade para executar o serviço se preciso for.

Com tudo, este trabalho monográfico foi muito importante para o meu aprimoramento e crescimento profissional, já que se trata de um assunto específico para os estudantes de Máquinas da instituição, esperando ter atingido as devidas expectativas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Joaquim Duarte Barroca Delgado; “Gestão da Qualidade Total Aplicada ao Sector do Fornecimento da Energia Elétrica” (Tese de Doutoramento), Setembro de 2003
- 2- <http://www.wikipedia.com.br/pilhadevolta>
- 3- <http://www.vonwenzel.net/Battery/01.Type/index.html>
- 4- [http://www.windsun.com/Batteries/Battery\\_FAQ.htm#What%20is%20a%20Battery](http://www.windsun.com/Batteries/Battery_FAQ.htm#What%20is%20a%20Battery)
- 5- <http://www.battery.co.za>
- 6- <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of00-128/>
- 7- <http://www.amerlis.pt/>
- 8- <http://www.accuoerlikon.com/main.htm>
- 9- <http://www.amsolar.com/index.html>
- 10- <http://homepages.which.net/~paul.hills/Circuits/Circuits.html>
- 11- <http://www.vonwenzel.net/Battery/>
- 12- [http://www.eurobat.org/Eurobat/index\\_html](http://www.eurobat.org/Eurobat/index_html)
- 13- <http://ar.geocities.com/mdqweb/bateriaselectron/index.html>
- 14- [http://www.powerpulse.net/powerpulse/archive/aa\\_061301b1.stm](http://www.powerpulse.net/powerpulse/archive/aa_061301b1.stm)
- 15- <http://www.xtronics.com/>
- 16- [http://www.blogmercante.com.br/planetsolar\\_-\\_o\\_maior\\_barco\\_a\\_energia\\_solar\\_1.html](http://www.blogmercante.com.br/planetsolar_-_o_maior_barco_a_energia_solar_1.html)
- 17- [http://www.blogmercante.com.br/navio\\_hibrido\\_ira\\_saie\\_do\\_papel-navergar\\_e\\_preciso.html](http://www.blogmercante.com.br/navio_hibrido_ira_saie_do_papel-navergar_e_preciso.html)